



Sveriges lantbruksuniversitet  
**Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap**

Swedish University of Agricultural Sciences  
**Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science**

# **Skillnaden mellan galopphästars och dressyrhästars muskelfysiologi**

**Katrine Petäjistö**

---

**Examensarbete** / SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, **552**  
Uppsala 2016

**Degree project** / Swedish University of Agricultural Sciences,  
Department of Animal Nutrition and Management, **552**

Examensarbete, 15 hp  
Kandidatarbete  
Husdjursvetenskap  
Degree project, 15 hp  
Bachelor Thesis  
Animal Science

---





Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap  
Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Swedish University of Agricultural Sciences  
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science  
Department of Animal Nutrition and Management

# Skillnaden mellan galopphästars och dressyrhästars muskelfysiologi

## Differences in muscle physiology of thoroughbred race horses and horses used for dressage

**Katrine Petäjistö**

**Handledare:** Sara Ringmark, SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård  
Supervisor:

**Bitr. handledare:** Anna Jansson, SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård  
Ass. supervisor:

**Ämnesansvarig:** Kristina Dahlborn, SLU, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi  
Subject responsibility:

**Examinator:** Kerstin Svennersten-Sjaunja, SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård  
Examiner:

**Omfattning:** 15 hp  
Extent:

**Kurstitel:** Kandidatarbete i Husdjursvetenskap  
Course title:

**Kurskod:** EX0553  
Course code:

**Program:** Agronomprogrammet - Husdjur  
Programme:

**Nivå:** Grund G2E  
Level:

**Utgivningsort:** Uppsala  
Place of publication:

**Utgivningsår:** 2016  
Year of publication:

**Serienamn, delnr:** Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, 552  
Series name, part No:

**On-line publicering:** <http://epsilon.slu.se>  
On-line published:

**Nyckelord:** Häst, muskelfiber, skelettmuskler, Engelskt fullblod, Andalusier, träning, dressyr, galopp, aerob träning, anaerob träning  
Key words: Horse, muscle fibre, skeletal muscle, equine, thoroughbred, Andalusian, exercise, dressage, aerobic exercise, anaerobic exercise



## Sammanfattning

Genom avel har hästar anpassats till olika syften ända sedan de domesticerades av människan. Detta har bl.a. resulterat i att hästar av olika raser skiljer sig i sin muskelfibersammansättning. Idag används hästar främst i sportsammanhang t.ex. galopptävlingar och dressyruppvisningar. Syftet med studien var att få en ökad kunskap och förståelse för musklernas uppbyggnad och ta reda på hur skillnaden i muskelfibersammansättning ser ut mellan dressyrhästar och galopphästar. I denna litteraturstudie har raserna fullblod och andalusier studerats och jämförts, genom ett t-test, då de är vanligt förekommande i de nämnda grenarna. Hästars skelettmuskler består av muskelfibrerna; typ I, typ IIA och typ IIX. Fibrerna producerar energi på olika sätt och beroende på intensiteten och varaktigheten av arbetet rekryteras fibertyperna efter olika mönster. Andalusier har högre andel typ I fibrer jämfört med fullblod. De förlitar sig därför mer på aerob energiomsättning. Andelen typ IIA fibrer var lika mellan raserna men andelen typ IIX skiljer sig då fullblod har visats ha en högre andel. Fullblod förlitar sig både på aerob och anaerob glykolys. Skillnader i fibersammansättning finns hos de olika raserna även om de inte genomgått någon träning.

## Abstract

Horses have been bred for different purposes ever since the human domesticated them. As a result of that, horse breeds differ in their muscle fibre composition. Today, horses are used mainly in sports like horse racing and dressage shows. The aim of the study was to get more knowledge and understanding about the muscles composition and learn how the muscle fibre composition differs between dressage horses and racehorses.

In this literature study, the breeds Thoroughbred and Andalusians have been studied and compared, with a t-test, since they are common breeds in the mentioned sports. Horse skeletal muscles consist of the muscle fibres; type I, type IIA and type IIX. The fibres produce energy either anaerobically or aerobically and depending on the intensity and duration of the work, muscle fibre recruitment differs. Andalusians have a higher amount of type I fibres compared to Thoroughbreds. They rely therefore more in aerobic glycolysis as an energy source. The amount of type IIA was the same between the breeds but the concentration of type IIX differed and the Thoroughbred had a higher amount. Thoroughbreds rely both in aerobic and anaerobic glycolysis. There are differences in muscle fibre composition between different breeds even if they haven't gone through any training.

## Inledning

Innan hästen domesticerades av människan var den beroende av både snabbhet och uthållighet i sitt sökande för att finna föda och sin förmåga att springa fort för att fly undan rovdjur. Sedan hästen domesticerades har människan genom selektion avlat fram hästar för olika syften. De används bland annat i olika sportsammanhang såsom kapplöpning, dressyr och banhoppning (Waller & Lindinger, 2010).

Dressyr är en sport där det krävs att hästen ska klara av att gå i en samlad form och utöva rörelser i ett långsamt tempo. Hästarna som tävlar galopp ska istället springa fort en kortare sträcka i maximal hastighet. Dessa två arbetsformer skiljer sig och därmed skiljer sig också musklernas uppbyggnad och ämnesomsättning hos de raser som i störst mån är framgångsrika i respektive gren (Riviero, 2007).

Hästarnas skelettmuskler är sammansatta av tre huvudsakliga fibertyper; Typ I, Typ IIA och Typ IIX (Hodgson et al. 2014). Beroende på intensiteten och varaktigheten av arbetet så rekryteras de olika fibrerna efter ett visst mönster. Sammansättningen av muskelfibrer påverkas både av genetiska faktorer och av träning vilket gör att individuella hästar skiljer sig i sin fibersammansättning.

Studiens syfte är att få en ökad kunskap och förståelse för hur musklernas uppbyggnad och muskelcellernas behov skiljer sig mellan dressyrhästar och galopphästar. Studien kommer inrikta sig på den spanska hästrasen andalusier, då rasen utgör ett bra exempel för dressyrhästar, samt engelska fullblod då dessa är den dominerande hästrasen inom galoppsport.

## Dressyr

Dressyr har ett militärt förflutet (Erck-Westergren & Foreman, 2014). Lättstyrda och lydiga hästar var viktigt och därför tränades hästar med avancerade rörelser för att fungera som en bra resurs vid krig. Dressyren är ämnad att utveckla hästens naturliga atletiska förmåga och vilja att arbeta genom att göra hästen spänstig och lyhörd till ryttaren (USDF, 2015). I tävlingar i dressyr finns det fastställda program på olika nivå som rids på en bana. Programmen i de lättare nivåerna innefattar skritt, trav, galopp, halt och olika enkla ridvägar medan det i de högsta nivåerna, Grand Prix, utförs rörelser såsom piaff och passage. Programmen är ett test där ryttaren och hästen bedöms av domare som betygsätter de utförda rörelserna utefter en poängskala från 0-10 (Furugren & Orava, 2014). Dressyr kan klassificeras som submaximalt arbete med fysiologiska krav på styrka och kraft (Riviero, 2006).

## Den andalusiska hästen

Den andalusiska hästen har sitt ursprung i Spanien (Nickesson, 2014a). Rasen var önskvärd som krigshäst då de hade styrkan att bära mycket vikt samt var fogliga och vackra (Hendricks, 1995). Idag används den andalusiska hästen i flertal grenar såsom westernridning, vagnshäst och framförallt som dressyrhäst. Den andalusiska hästen anses, av utövare, vara en av de bäst lämpade raserna för dressyrsport<sup>1,2,3</sup>.

---

<sup>1</sup> <http://www.theequinest.com/olympic-dressage-horse-breeds/> [2014-05-19]

<sup>2</sup> <http://www.horsemanmagazine.com/2008/11/top-dressage-horses/> [2014-05-19]

<sup>3</sup> <http://horsebreedsinfo.com/Top-Five-Dressage-Breeds.html> [2014-05-19]

## **Dressyrträning inför tävling**

Att få hästen att följa ryttaren i samlade rörelser kräver mycket träning (Bolté, 2002). Det kan ta upp till ca 5 år av konsekvent träning att utbilda en häst till Grand Prix-nivå (Lette, 1986). Dressyrhästar som tävlar i den högsta nivån är därför ofta minst 8 år gamla då de vanligtvis rids in vid minst 3 års ålder. Genom träning ska hästen anpassas till att göra rörelser med bibehållen balans med ryttare på ryggen. Idén med dressyrridningen är att försöka förskjuta tyngden så att den belastar bakbenen mer, vilket ger hästen en förändrad rörelse, detta kallas samling (Holmström et al, 1995).

Ju högre tävlingsnivå desto mer avancerande rörelser innehåller programmen (Lette, 1986). I Grand Prix tillkommer rörelserna piaff, passage och galoppiruetter. Piaffen innebär att hästen travar på stället i en uppsamlad form med höga och luftiga steg (Kyrklund & Lemkow, 1998). I den uppsamlade formen ska hästens bakdel och bakbenen föras närmare hästens tyngdpunkt vilket placerar största delen av vikten på bakbenen (Miró et al, 1996). Passagen är liksom piaffen en samlad trav med höga steg men i denna rörelse rör sig hästen ”luftigt” framåt (Kyrklund & Lemkow, 1998).

Ett Grand Prix-program motsvarar en sträcka på ungefär 1130 meter med en medelhastighet på 2,3 m/s (Clayton, 1990). Dressyrhästen har som högst puls då den utför rörelserna piaff, passage, galoppiruet samt tempoväxlingar, i de olika gångarterna, och har då en puls från 120 – 140 slag/minut (Clayton, 1990). Som lägst har hästen en puls på ungefär 60 slag/min vilket är vid skritt. Pulsen påverkas av riktningen (sidled och framåt) och den tekniska svårighetsgraden på rörelsen utöver hastigheten (Clayton, 1990).

## **Galoppsport**

Galoppsporten utvecklades i England och har bedrivits där sedan 1500-talet (Zachrisson & Ohlsson, 2014). Idag har galoppsporten spridit sig till över ett 60-tal länder i världen och fullblod är den dominerande rasen inom sporten (Zachrisson & Ohlsson, 2014).

Tävlingarna anordnas på släta banor eller på banor med hinder i olika distanser; kort-, medel- eller lång distans. I den korta distansen springer hästarna upp till 1300 meter, i medel springer de från 1400 – 2000 meter och i den långa distansen från 2100 till 4000 meter (Zachrisson & Ohlsson, 2014). Banorna med hinder är så kallade hinderlopp där hästen ska ta sig över hinder på en distans mellan 3200 och 4500 meter (Zachrisson & Ohlsson, 2014). Hästarna rids i båda fallen av en jockey, som är en professionell kapplöpningsryttare.

## **Engelskt fullblod**

Det engelska fullblodet avlades fram i Storbritannien på 1700-talet för att användas som kapplöpningshäst (Nickesson, 2014b). Hästrasen finns nu i stort sett hela världen och används främst i galopptävlingar men även som ridhäst i dressyr, hoppning och fälttävlan (Nickesson, 2014b). Det engelska fullblodet är den dominerande rasen som används vid hästkapplöpningar och anses vara en av världens snabbaste hästraser då de kan springa ca 58 km/h (ibid).

## **Träning**

En galopphäst påbörjar sin träning vid ungefär 18 månaders ålder (Riviero, 2007). Studier har visat att galopphästar använder sig av mer aerob metabolism jämfört med anaerob för sin energiförsörjning än vad man tidigare trott, därför är det nu vanligt att ett fullblods träning delas in i tre faser: uthållighetsfasen, den kombinerade aeroba och anaeroba fasen samt den anaeroba fasen (Hodgson, 2014).

### **Uthållighetsfasen**

I början av ett fullblods galoppträning är uthållighetsträning viktig för dess framtida prestation inom grenen (Hodgson, 2014). Då tränas hästen i trav och galopp i en hastighet på ungefär 600 meter/min över en längre sträcka. Sådan träning ökar snabbt den maximala syreförbrukningen vilket i längden ökar den aeroba kapaciteten (ibid.). I denna träningsfas uppnår fullblodet då en puls på mellan 110-140slag/minut (Foreman et al, 1990).

### **Den kombinerade aeroba och anaeroba fasen**

I den kombinerade aeroba och anaeroba fasen tränas hästarna i 70 - 80 % av den maximala hastigheten (hastigheten vid ett tävlingslopp) (Hodgson, 2014). Träning i sådan hastighet resulterar i en ansamling av laktat i hästens blod och muskler vilket betyder att anaerob glykolys utnyttjats av en del celler för att försörja sig med energi. Fullblodets puls i denna fas av träning varierar från 130 till 190 slag/minut (Foreman et al, 1990).

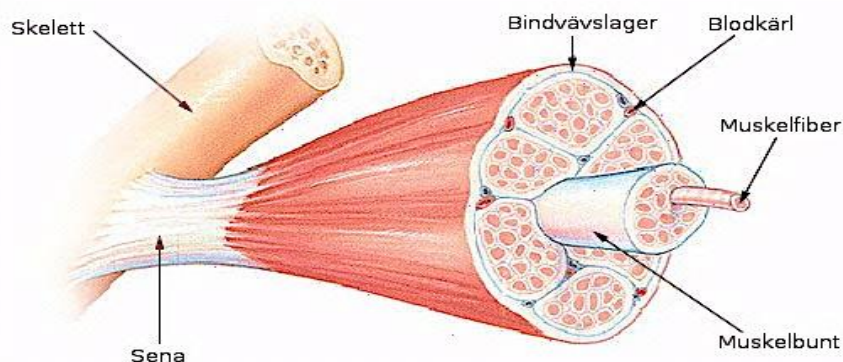
### **Anaeroba fasen**

Den anaeroba träningen är till för att utveckla hastighet och acceleration (Hodgson, 2014). Syftet med högintensiv träning hos fullblod är att rekrytera de snabbt glykolytiska typ IIX fibrerna (Riviero, 2007). Vanligtvis tränas fullbloden väldigt lite i maximal hastighet på långa sträckor men ett träningspass på 70 till 80 % av den maximala hastigheten kan avslutas med ett kortare sprintlopp i maximal hastighet. Pulsen kan i denna träningsfas uppnå 220-240 slag/minut (Foreman et al, 1990).

## **Muskelfysiologi**

### **Skelettmuskeln**

Muskelvävnad delas in i tre olika typer: skelettmuskulatur, glatt muskulatur och hjärtmuskulatur (Sjaastad et al, 2010). Det är kontraktioner av skelettmuskulaturen som får kroppen att röra sig.



Figur 1. Illustration av muskelns delar

Källa: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Muskelstruktur.png>

I skelettmuskulaturen finns det hundratals separata muskler som är sammansatta av olika typer av vävnad (Sjaastad et al, 2010). Muskelfibrer är den vävnad som det finns mest av men det finns även blodkärl och bindvävslager (Sjaastad et al, 2010).

Skelettmuskelcellerna är festsatta i skelettet med senor (se figur 1). Hela muskeln har ett hölje av bindväv som håller ihop flera muskelbuntar av muskelfibrer, som även de är insvepta i



bindväv. Det som figuren inte visar är att den inre delen av muskelfibrerna är packade med myofibriller (Sjaastad et al, 2010). Musklerna är till 90 % uppbyggda av myofibriller (Riviero, 2007). Myofibrillerna är organiserade som en uppsättning av motorenheter. Varje motorenhet består av ett motoneuron som är ansluten till olika uppsättningar av muskelfibrer (Sjaastad et al, 2010). En muskel kan bestå av många motorenheter i olika storlekar med olika antal muskelfibrer.

Myofibrillerna sträcker sig genom hela muskelfibern och utgör en stor del av fiberns massa. De består främst av trådlika myofilament. Myofilamenten består av proteinet aktin (aktinfilament) och proteinet myosin (myosinfilament). Aktinfilamenten består av globulära aktinmolekyler som är sammansatta i en kedja tillsammans med proteiner som reglerar muskelfiberkontraktioner. Myosinfilamenten består av sammansatta myosinmolekyler.

## **Muskelkontraktion**

Muskelfibrerna styrs av nervsystemet (Sjaastad et al, 2010). Nerverna har förbindelser med muskelfibrerna och när en nerv skickar ut en elektrisk impuls, till muskelfibern den förbinder sig med, sker det en sammandragning i den fibern. I ryggmärgen finns nervcellerna och dessa kan aktiveras av viljan eller ofrivilligt (som en reflex). Vid en viljemässig aktivering uppstår det impulser i hjärnan som skickas vidare till ryggmärgen via nervtrådar. När impulserna nått ryggmärgen skickas de därifrån via de perifera nerverna ut i muskelfibrerna. Ju högre antal impulser som skickas från hjärnan desto fler muskelfibrer drar ihop sig samt desto kraftigare blir sammandragningarna.

## **Olika typer av muskelfibrer**

Hästens skelettmuskler består av tre olika typer av muskelfibrer; typ I, typ IIA och typ IIX (Riviero, 2007). Det finns även hybridtyper av dessa fibrer som uttrycker två eller fler av de nämnda fibertyperna (Pette & Staron, 2000). I den här studien studeras endast typ I, typ IIA och typ IIX. I äldre litteratur används benämningen typ IIB för fibertypen IIX (såsom i Lindholm et al (1980) artikel). I takt med att metoden för identifiering av muskelfibrer har utvecklats har förståelsen för mångfalden av fibertyper ökat (Pette & Staton, 2000). Som ett resultat av detta har typ IIB kommit att benämnas som typ IIX. I den här studien kommer endast benämningen typ IIX att användas. Muskelns heterogenitet gör det möjligt för muskelfibrerna att fungera effektivt vid olika typer av arbete. Skillnaden mellan muskelfibrer är bl.a. hur de producerar energi, vilket sker antingen aerobt eller anaerobt (Sjaastad et al, 2010). De fibrer som främst bildar energi genom oxidativ fosforylering kallas oxidativa fibrer och är alltså aeroba. De fibrer som kan använda glykolysen för att tillgodose sina behov av energi utan närvaro av syre, under korta perioder, kallas glykolytiska fibrer och är då anaeroba.

Typ I fibrer är långsamt kontraherande, oxidativa fibrer (Sjaastad et al, 2010). De tillhör små motorenheter som rekryteras vid svaga muskelkontraktioner. De utvecklar spänning långsamt men har en lång uthållighet vid arbete (Gramsbergen, 2013). Anledningen till detta är att typ I har en stor kapillärtäthet och ett stort antal mitokondrier. Typ I fibrer innehåller även mycket myoglobin. Myoglobin är ett protein som har förmågan att binda syre och fungerar då som en syredeponi i muskeln (Sjaastad et al, 2010).

De snabba fibrerna, även kallade typ II fibrer, utvecklar kraft snabbt till skillnad från typ I (Gramsbergen, 2013). De finns i stora motorenheter och delas in i typ IIA- och typ IIX fibrer. Typ IIX fibrer kontraherar mycket snabbare än typ I fibrer vilket betyder att de utvecklar kraft väldigt snabbt men istället har de en låg uthållighet. Det beror på låg kapillärtäthet,

mitokondrieantal och myoglobininnehåll. Typ IIX är snabbt glykolytiska och kan alltså inte förse sig med energi via den aeroba energiomsättningen men istället har de en stor anaerob arbetskapacitet.

Typ IIA fibrerna är snabbt glykolytiskt oxidativa (Sjaastad et al, 2010). De är alltså ett mellanting mellan typ I och typ IIX (Gramsbergen, 2013). De har förmågan att utveckla kraft snabbt och har nästan samma kontraktionshastighet som typ IIX. Ändå är de relativt uthålliga då de har högre kapillärtäthet och mitokondrieantal jämfört med typ IIX (Riviero & Piercy, 2008). Även kreatinfosfat- och glykogeninnehållet är högt vilket betyder att de också har en anaerob arbetsförmåga.

### **Muskelfibrernas rekrytering**

Muskler har olika antal fibrer per motorenhet (Sjaastad et al, 2010). Oberoende av hur många fibrer de motoriska enheterna har så kontraheras alla fibrerna vid en impuls, inte bara en del av enheten. För att en kontraktion ska ske krävs det att den elektriska impulsen når ett tröskelvärde. Olika fibrer har olika tröskelvärden och kontraheras därför vid olika arbetsintensitet. Typ I fibrer har lågt tröskelvärde, lägre än typ II fibrer, och kontraheras då vid låg arbetsintensitet. Typ II fibrers motoriska enheter har större nervceller som förser många fler muskelfibrer med impulser vilket gör att tröskelvärdet blir högre. När typ II fibrer sedan kontraheras så utvecklas en större kraft då flera motoriska enheter aktiveras och därmed fler muskelfibrer.

Alla fibertyper är aktiva i alla typer av arbete men beroende på vilket sorts arbete som utförs så rekryteras fibrerna efter olika mönster (Regatieri & Mota, 2012). För att endast behålla sin kroppshållning rekryteras typ I fibrerna men när ett mer intensivt och varaktigt arbete utförs så rekryteras även typ IIA fibrer (Riviero, 2007). Typ IIX fibrerna rekryteras endast vid maximal arbetsintensitet såsom vid ett sprinterpass, vid hoppning eller vid extremt långvarigt arbete.

### **Metaboliska vägar**

För att muskler ska kunna kontrahera krävs det energi i form av adenosintrifosfat (ATP) (Sjaastad et al, 2010). I spetsen av varje myosinmolekyl sker en hydrolys av ATP (Riviero, 2007). Hydrolysen fungerar som en energikälla och förser musklerna med ATP så att de kan kontrahera. Eftersom det finns begränsat med ATP lagrat i musklerna, och det metaboliseras väldigt fort vid arbete, så krävs det att ATP ersätts. Beroende på tillgången till syre vid ett arbete finns det olika metaboliska vägar för att förse muskeln med energi.

Syret tillförs till muskelcellerna via blodet (Sjaastad et al, 2010). Vid ett lätt arbete får musklerna en tillräcklig blodtillförsel vilket då innebär att det finns tillgång till syre (Riviero, 2007). I musklerna finns proteinet myoglobin som fungerar som en syredeponi då det binder syre men kan avge det när det krävs (Sjaastad et al, 2010). Tillgången till syre gör så att energi bildas genom nedbrytning av glykogen och fett (triglycerider), det sker då en aerob energiomsättning (ibid.). Då samverkar  $\beta$ -oxidationen av fria fettsyror, citronsyracykeln och oxidativ fosforylering för att bilda ATP aerobt (Riviero, 2007).

Vid ett hårt muskelarbete kan det bli så att blodets genomströmning i musklerna inte är tillräcklig vilket då gör att syrebrist uppstår (Riviero, 2007). Detta gör att ATP inte längre kan bildas genom aerob metabolism (då det krävs syre) utan istället måste ske genom anaerob energiproduktion (ibid.). I muskelfibrerna finns det kreatinfosfat lagrat (Regatieri & Mota,

2012) som precis som ATP fungerar som en energikälla. Kreatinfosfat består av proteinet kreatin som är bundet till en fosfatgrupp (Sjaastad et al, 2007). När det spjälkas frigörs energi som återuppbygger ATP. Processen sker utan syre men energin som produceras räcker endast för några sekunders arbete vid maximal arbetsintensitet (Riviero & Piercy, 2008). Vid arbete som varar längre än några sekunder sker en energiproduktion genom anaerob glykolys. Glykolysen bryter ner glykogen och glukosmolekyler till pyruvat och bildar då samtidigt ATP (Sjaastad et al, 2010). I frånvaron av syre kan pyruvat inte omvandlas till Acetyl-CoA utan omvandlas istället till laktat (mjölksyra) och ger färre ATP-molekyler än när pyruvat oxideras under aerob metabolism (Riviero, 2007).

De anaeroba processerna kan snabbt bidra med en stor mängd ATP jämfört med den aeroba processen vilket är en fördel vid ett sprinterlopp där det behövs en stor mängd energi på kort tid. Koncentrationen av laktat i muskelcellerna ökar dock i samband med anaerobt arbete (Riviero, 2007). Cellerna kompenserar detta genom att avlägsna laktat genom aktiv transport till blodet (Hinchcliff et al, 2008). Om cellerna inte hinner med att avlägsna laktat, i den takt det bildas nytt, sker det en kraftig ökning av intracellulärt laktat vilket kallas den anaeroba tröskeln som vanligtvis sker när laktatkoncentrationen i blodet når 4 mmol/L (Riviero, 2007). Tillsammans med fria  $H^+$ -joner sänker ökningen av intracellulärt laktat, pH i cytoplasman. Det sker med andra ord en försurning i musklerna vilket tros ha en betydande roll vid trötthet vid anaerobt arbete. I myofibrillerna finns ett buffertsystem som delvis dämpar sänkningen i cytoplasmiskt pH (Hinchcliff et al, 2008). Galopphästar har en hög buffringskapacitet då de har en hög koncentration av proteinet karnosin som tillsammans med andra proteiner medverkar i buffertprocessen. Karnosinet finns i störst mängd i de glykolytiska typ IIX fibrerna.

## Effekter av träning

Muskelfibrer är strukturellt och funktionellt väldigt formbara så hästars skelettmuskler har stor förmåga att anpassa sig till träning (Riviero, 2006). Beroende på hästens grundläggande muskelstatus (som påverkas av kön, ras, ålder och tidigare träning) samt arbetspassets utformning så kan den adaptiva responsen av träning anta två olika former, kvantitativ samt kvalitativ (Riviero, 2006). Vid kvantitativ respons ökar myofibrillerna i storlek (hypertrofi), men behåller annars sina biokemiska egenskaper och grundläggande struktur. Vid kvalitativ respons ändrar myofibrillerna sina enzymatiska och strukturella karaktärer markant men ändrar sig däremot inte i storlek. Exempel på kvalitativ respons kan vara ökad kapillärtäthet, ökat mitokondrieantal eller att muskelenzymerna ökar eller minskar i aktivitet beroende på vilken typ av arbete de anpassar sig efter (Riviero, 2006).

## Muskelfibersammansättning hos Engelskt fullblod och Andalusier

Muskelfibersammansättningen hos hästar varierar utefter deras atletiska förmåga. Som art har hästen dock en låg andel typ I fiber (Hodgson et al. 2014). Hur sammansättningen av fiber ser ut beror till stor del på gener men fysisk träning påverkar också, speciellt i andelen typ IIA och typ IIX fiber.

Det har utförts många studier på olika hästraser där muskelbiopsier från *gluteus medius* muskeln avlägsnats och fibersammansättningen undersökts (Riviero & Piercy, 2008). *Gluteus medius* är den tyngsta muskeln i bäckenet och är aktiv vid alla typer av arbete samt visar en betydande anpassning till träning (Riviero & Piercy, 2008).

Ett fullblod som tränas aktivt karaktäriseras av att ha en hög andel av snabba fibrer, främst de glykolytiska typ IIX fibrerna (Riviero, 2006). Fibersammansättningen mellan raser kan ändå skilja sig även om hästen inte är tränad. Riviero et al (1989) har visat genom avlägsnande av muskelbiopsier på otränade hästar att det är en signifikant skillnad av typ I och typ II fibrer mellan fullblod och andalusiska hästar. I Riviero et al (1989) studie hade fullbloden en högre proportion av typ IIA fibrer jämfört med andalusier. Andalusierna hade däremot betydligt högre proportion typ I fibrer samt snabba fibrer med låg oxidativ kapacitet. Skillnader som dessa tros till störst del bero på gener och arvbarhet men vissa studier visar på att, exempelvis, typ I fibrer ökar i storlek med åldern (Riviero et al, 2001b).

Riviero & Barry (2001a) undersökte arvbarhet och genetiska korrelationer på fibersammansättningen hos andalusiska hästar. I studien togs muskelbiopsier från fyraåriga samt äldre hästar (8-23 år gamla) av båda könen. Resultatet visade att arvbarheten av muskelfiberegenskaper var relativt låg men att arvbarheten för typ I-fiberrelaterade egenskaper var högre än för egenskaperna relaterade till typ II-fibrer. Siffrorna i tabell 1 visar den genomsnittliga fibersammansättningen hos de fyraåriga hästarna. Studien visade även att ålder och kön på hästarna bidrog till signifikanta skillnader i fibersammansättning, särskilt hos typ IIA- och typ IIX fibrerna. Det visade att typ IIA minskade i procent med åldern medan typ IIX var högre i procent jämfört hos de unga hästarna (fyraåringarna). Hingstarna hade högre procent typ IIA än stona men stona hade istället högre procenthalt typ IIX, vilket även har visats på fullblod i Ronéus & Lindholm (1991) studie utfört på fullblod av olika ålder och kön. En av Riviero och Barrys (2001a) slutsatser var att procenthalten typ I fiber är direkt korrelerad med framgång hos distanshästar och att egenskaper som är relaterade till typ I fibrer därför bör avlas på hos andalusiska hästar för att förbättra deras uthållighetskapacitet då det är relativt hög arvbarhet på dessa egenskaper. Med distanshästar menas de hästar som tävlar i distansridning. Det är en sportgren där hästarna rids över en längre sträcka, upp till 160 km på en dag, i varierande terräng och först i mål vinner (Svenska Ridsport Förbundet, 2013).

### **Förändring i fibersammansättning vid långsamt arbete**

Studier på andalusiska, hästar som tränats aerobt, har visat att efter 8 månaders träning sker en ökning i andelen typ IIA fibrer medan det sker en minskning av typ IIX fibrer (Riviero et al, 2001b; Serrano et al, 2000). Det har också visat sig att typ I och typ IIA fibrer ökar i storlek (hypertrofi) efter 8 månaders aerob träning (Riviero et al, 2001 b).

Tidiga och långvariga förändringar i hästars skelettmuskler vid aerob träning undersöktes av Serrano et al (2000). I studien användes tjugofyra stycken 4 åriga andalusiska hästar. Hästarna tränades 5 dagar i veckan, två gånger per dag i 8 månader. De tränades med ryttare på ryggen på mark med varierande sluttning. Under de första tre månaderna varade träningen på eftermiddagen i 60 min och därefter ökade det till 75, 90 och 120 min/pass de resterande månaderna. Muskelbiopsier togs från olika djup i *gluteus medius* muskeln, från varje häst, vid fyra olika tillfällen; innan träningen påbörjats (0 månader), under träningens gång (3 månader), efter träning (8 månader) samt efter 3 månader utan träning. Resultatet visade att antalet hög-oxidativa fibrer (Typ IIA) hade ökat signifikant efter 3 respektive 8 månader av aerob träning men att muskelanpassningen därefter endast var delvis bevarad efter 3 månader utan träning. Kapillärdensiteten hade ökat efter 8 månaders träning men efter 3 månader utan träning hade den anpassningen gått tillbaka till hur den såg ut innan träningen påbörjades. Studien pekar på att aerob träning har en tydlig effekt på hästars skelettmuskler, både på cellnivå och på hela muskeln, samt att de flesta förändringar som framkallats av träning är reversibla när stimuli upphör.

## **Förändring i fibersammansättning vid snabbt arbete**

I en studie utförd av Lindholm et al (1980) togs muskelbiopsier från fullblod. Biopsierna togs innan de påbörjat någon träning (som åringar) samt efter att de tränats och tävlats (under sin tvåårssäsong). De avlägsnade proverna analyserades för fibersammansättning, fiberarea samt enzymaktivitet. Hästarnas träning påbörjades med 15 minuter skritt dagligen och efter fyra månader skrittades, travades och galopperades de dagligen i ungefär 45 minuter.

Startperioden för sprintlöpning påbörjades därefter individuellt efter hästarnas förmåga.

Resultatet visade att proportionen av typ IIA fibrer hade ökat efter det att hästarna påbörjat sin träning men att typ IIX fibrerna samtidigt hade minskat. Skillnaderna i biopsierna var också att de oxidativa enzymerna hade ökat vilket ökade den oxidativa kapaciteten. Prestationen på tävlingsbanan var dock i denna studie inte korrelerad till hög eller låg procent av någon av de tre fibertyperna, inte heller med en hög andel oxidativa enzymer.

I det här kandidatarbetet har litteraturdata på muskelfibersammansättningen från tränade fullblod och andalusier jämförts (Rivero et al (2001b), Serrano et al (2000), Lindholm et al. (1980), Ronéus & Lindholm (1991), Tabell 3, tränade hästar) och analyserats med hjälp av ett t-test. Resultatet visar att det inte finns signifikanta skillnader i andelen typ IIA mellan tränade Andalusier och Fullblod. Däremot är det en skillnad i andelen typ IIX fibrer då fullblod har ett medelvärde på  $43,2 \pm 9$  % medan Andalusier har  $21 \pm 7$  % ( $P < 0,05$ ). Utfört test visar även signifikanta skillnader i andelen typ I fibrer då Andalusier har  $34,5 \pm 7,8$  % i motsats till  $13,2 \pm 2,9$  % hos fullblod ( $P > 0,001$ ).

**Tabell 1. Fibersammansättning i *gluteus medius* hos olika raser**

Publikation	Hästras	Träning	Typ I	Typ IIA	Typ IIX
Riviero et al (1989)	Andalusier	Otränade	35,2±10,7	36,5±7,3	28,3±5,5
Riviero et al (2001b)	Andalusier	Otränade	29±3	36±2	35±11*
Riviero & Barry (2001a)	Andalusier	Otränade	29±11,1	36±5,9	35±11,3
Riviero et al (2001b)	Andalusier	Uthållighetsträning, 30-120 min/dag, 5 dagar/vecka i 8 månader. Ålder: 3-4 år	29±4	45±3	26±11*
Serrano et al (2000)	Andalusier	Lågintensiv träning på bana med olika lutning, 75-120 min/pass, 5 dagar/vecka i 8 månader, Ålder: 3-4 år	40±2	44±2	16±1
Riviero et al (1989)	Fullblod	Otränade	29,5±6,7	38,7±6,8	31,8±4,4
Lindholm et al. (1980)	Fullblod	Otränade	Medel:12 (6-24)	Medel:31 (15-47)	Medel:57 (34-74)
Lindholm et al. (1980)	Fullblod	Trav, skritt, galopp samt sprintträning, 45 min dagligen i 1 år, Ålder: 1,5 -2,5 år	Medel: 12 (7-20)	Medel: 39 (33-54)	Medel: 49 (26-59)
Ronéus & Lindholm (1991)	Fullblod	Lågintensiv träning (aerob), skritt, trav, långsam galopp 2 åriga Ston	11±3	37±9	52±10
Ronéus & Lindholm (1991)	Fullblod	Lågintensiv träning (aerob), skritt, trav, långsam galopp 2 åriga Hingstar	11±4	42±6	46±7
Ronéus & Lindholm (1991)	Fullblod	Högintensiv träning, 2 sprintpass/vecka samt skritt, trav och långsam galopp dagligen 4-6 åriga Ston	14±6	45±10	40±13
Ronéus & Lindholm (1991)	Fullblod	Högintensiv träning, 2 sprintpass/vecka samt skritt, trav och långsam galopp dagligen 4-6 åriga Hingstar	18±5	53±11	29±10

\* Hybrid typ IIAIX fiber, fibrer som uttrycker både isoform IIA och IIX, har inkluderats i andelen typ IIX fibrer (Riviero et al., 1999).

## Diskussion

Galoppsporten och dressyren skiljer sig tydligt åt i form av arbete då galoppsporten utgörs av anaerobt arbete medan dressyren kan liknas vid aerobt arbete. Studier visar tydliga resultat på att de olika raserna, som används i respektive sport, skiljer sig i sin muskelfibersammansättning. I tabell 1 syns det att även de otränade hästarna skiljer sig i sin sammansättning. Detta visar på att fibersammansättningen inte bara påverkas av träning utan också av genetiska faktorer.

Clayton (1990) fann i sin studie att då en dressyrhästs puls vid ett Grand Prix-program är under 150-160 slag/min så har inte blodlaktatnivån ökat signifikant vilket betyder att dressyrhästar främst "förlitar" sig på aeroba metabola vägar. En galopphäst däremot, som tränas i 70-80 % av sin maximala tävlingshastighet och därmed uppnår upp till 191 slag/minut har som resultat en ansamling av laktat i blodet. Vilket visar att anaerob glykolys utnyttjas för energiproduktion i den typen av sport eftersom den aeroba metabolismen inte räcker till. Andaluserna har mycket högre andel typ I fibrer jämfört med fullbloden (se tabell 1). Detta bekräftar det Clayton (1990) fann i sin studie eftersom typ I fibrer förser sig med energi via aerob energiomsättning. Typ I fibrer har även hög kapillärtäthet och innehåller mycket myoglobin som binder syre vilket gör att de kan förse sig med energi aerobt. Ju mer aerobt de tränas desto bättre syreupptagningsförmåga då antalet kapillärer ökar i musklerna och också mängden myoglobin. Clayton (1990) diskuterar också det faktum att man måste veta vilka metaboliska vägar som används i den gren man utövar för att kunna anpassa träningen så bra som möjligt.

Fullblod har en högre andel av de snabbt glykolytiska typ IIX fibrerna. De rekryteras endast vid maximalt arbete. Ett fullblod som springer ett lopp är då menad att springa i sin maximala hastighet vilket då kräver en hög andel av fibrer som utvecklar kraft snabbt. Andelen typ IIA fibrer är däremot relativt lika mellan de båda raserna och det har visats att andelen av dessa ökar av både dressyrträning och galoppträning. Typ IIA förser sig med energi aerobt och hos galopphästar har man sett att de använder både aerob och anaerob metabolism. Eftersom typ IIA fibrer ger kraft väldigt snabbt och har en relativt hög uthållighet, jämfört med typ IIX, så tränas galopphästar även aerobt för att öka uthållighet och syreupptagningsförmåga.

Lindholm et al (1980) fann i sin studie på fullblod att efter det att hästarna hade påbörjat sin träning med inkluderad sprintlöpning, så hade typ IIA fibrer ökat i antal medan typ IIX fibrer minskat i antal. De såg också att de oxidativa enzymerna hade ökat vilket ökade den oxidativa kapaciteten. Detta liknar den effekt av träning som andaluserna haft. Detta kan bero på arbetets utformning. Om snabb utveckling av kraft krävdes men syre ändå fanns tillgängligt så kunde musklerna tillgodogöra sig med energi aerobt. Ju mer aerobt de tränades desto mer anpassningar skedde i musklerna som gynnade den aeroba energiproduktionen vilket resulterade i ökat antal oxidativa enzymer som resulterade i minskad glykogenförbrukning och mjölksyraproduktion. Lindholm et al (1980) fann dock att prestationen på tävlingsbanan inte var korrelerad till hög eller låg procent av någon av de tre fibertyperna, inte heller med en hög andel oxidativa enzymer, vilket kan betyda att jockeyn har en stor inverkan på hästens prestation på tävlingsbanan.

Att andelen muskelfibrer skiljer sig mellan raser redan vid tidig ålder är en effekt av människans avel på hästar. Människan har genom selektion avlat vidare på den snabbaste eller den starkaste hästen. Med en hög andel typ IIX muskelfibrer kan mycket kraft förväntas men då andaluserna i träning visade en låg andel kan det antyda att styrka inte är rasens främsta egenskap. Riviero och Barrys (2001a) fann i sin studie att procenthalten typ I fiber var direkt

korrelerad med framgång hos distanshästar. Alltså bör egenskaper som är relaterade till typ I fibrer avlas på hos andalusiska hästar för att förbättra deras uthållighetskapacitet då det är relativt hög arvbarhet på dessa egenskaper. Uthållighet kan då tänkas vara en egenskap som är lämpad att avlas på även för dressyrhästar. Om andalusier gör sig bra som distanshästar men även är en mycket uppskattad ras hos utövare inom dressyren kan egenskapen också vara en fördel i de rörelser som utövas i dressyr.

Det finns få studier gjorda på hästar som tränat dressyrrörelser i sina träningspass. De flesta studier på andalusier har varit uthållighets- och distansträning där hästarna har gått olika långa sträckor på olika lutning. Det är därför svårt att få en tydlig bild på hur en Grand Prix hästs muskelfibersammansättning faktiskt ser ut då träningsform har en betydande roll för sammansättningen. Önskvärt hade varit om fler studier gjorts där biopsier tagits på hästar som gått ett antal dressyrpass i veckan där främst rörelserna piaff och passage förekommit i varje pass.

## **Slutsats**

Galopp och dressyr är två olika typer av arbete vilka kräver aktivitet av olika typer av muskelfibrer. De olika typerna av muskelfibrer använder olika metaboliska vägar. Galopphästar och dressyrhästar skiljer i sin muskelfibersammansättning men detta beror inte bara på träning utan är också genetiskt.



## Referenser

- Bolté, B. (2002). *The Horse Library - Dressage*. 1. uppl. Chelsea House Publishers. Tillgänglig: Google Scholar [2014-04-28].
- Clayton, H. M., B.V.M.S, Ph. D. (1990). *Time Motion Analysis in Equestrian Sports: The Grand Prix Dressage Test*. Proceedings of the Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners. Vol. 35, ss. 367-373
- Erck-Westergren, E. Foreman, J. H. (2014). Veterinary aspects of training dressage horses. I: Hinchcliff, K. W., Geor, R. J., Kaneps, A. J. (red), *Equine Exercise Physiology*. Philadelphia: Saunders Elsevier, ss. 1072.
- Foreman, J. H., Bayly, W. M., Grant, B. D., Gollnick, P.D. (1990) *Standardized exercise test and daily heart rate responses of Thoroughbreds undergoing conventional race training and detraining*. American Journal of Veterinary Research, vol. 51, ss. 914-920.
- Furugren, B., Orava, G. (2014). Ridsport. I: *Nationalencyklopedin*. Tillgänglig: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/ridsport> [2014-04-14]
- Gramsbergen, A. (2013) Locomotor neurobiology and development. I: Back, W & Clayton, H. (red), *Equine locomotion 2 uppl*. Saunders Elsevier, kapitel 4.
- Hendricks, B. (1995). *International Encyclopedia of Horse Breeds*. Oklahoma: University of Oklahoma Press. Tillgänglig: <https://books.google.se/books?id=CdJg3qXssWYC&printsec=frontcover&hl=sv#v=onepage&q&f=true> [2015-07-26]
- Hinchcliff, K. W., Raymond, J. G., Kaneps, A. J. (2008) *Equine Exercise Physiology – The Science of Exercise in the Athletic Horse*. Edinburgh: Saunders Elsevier. Tillgänglig: [https://books.google.se/books?hl=sv&lr=&id=it-m5VlwKRgC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Hinchcliff+equine&ots=Qxj2kGYBG2&sig=KT3Xhm7VVOoHtL3MZPWYzCoRZU&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Hinchcliff%20equine&f=false](https://books.google.se/books?hl=sv&lr=&id=it-m5VlwKRgC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Hinchcliff+equine&ots=Qxj2kGYBG2&sig=KT3Xhm7VVOoHtL3MZPWYzCoRZU&redir_esc=y#v=onepage&q=Hinchcliff%20equine&f=false) [2014-04-14]
- Hodgson, R. D. (2014) Training the Thoroughbred Racehorse. I: Hodgson, R. D., Mc Keever, H. K., Mc Gowan, M. C. *The Athletic Horse - Principles and Practice of Equine Sports Medicine*. 2. Uppl. Elsevier, ss. 302-304.
- Holmström, M., Fredricson, I., Drevemo, S. (1995) *Biokinematic effects of collection on the trotting gaits in the elite dressage horse*. Equine Veterinary Journal, vol. 27, ss. 281-287.
- Kyrklund, K. & Lemkow, J. 1998. *Dressyr med Kyra*. 2. uppl. Västerås: ICA förlaget AB.
- Lette, E. 1986. *Dressyr – Utbilda och träna för tävling*. 2. Uppl. Västerås: ICA förlaget AB.
- Lindholm, A., Essén-Gustavsson, B., McMiken, D., Persson, S., Thornton, J. R., (1980) *Muscle histochemistry and biochemistry of thoroughbred horses during growth and training*. College of Veterinary Medicine, S-750 07.
- Miró, F., Morales, J. L., Garcia-Palma, G., Galisteo, A. M. (1996) *Collection in the passage and piaffe of Spanish Purebred horse. A preliminary report*. Pferdeheilkunde, vol. 12, ss. 693-697.
- Nickesson, E. (2014a). P.R.E. I: *Nationalencyklopedin*. Tillgänglig: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/pre> [2014-05-19]

- Nickesson, E. (2014b). engelskt fullblod I: *Nationalencyklopedin*. Tillgänglig:  
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/engelskt-fullblod> [2014-05-12]
- Pette, D. & Staron, R. S., (2000) *Myosin Isoforms, Muscle Fibre Types, and Transition*. Microscopy Research and Technique, vol. 50, ss. 500-509.
- Regatieri, I. C. and Mota, M. D. S. (2012) *Horse breeding program: biochemical aspects*. ARS Veterinaria, vol. 28, ss.227-233.
- Riviero, L. J-L., (2007). *A Scientific Background for Skeletal Muscle Conditioning in Equine Practice*. J. Vet. Med. A., vol. 54, ss.321-332.
- Riviero, L. J-L., Agüera, E., Monterde, J. G., Rodríguez-Barbudo, M. V., Miró, F. (1989) *Comparative study of muscle fiber type composition in the middle gluteal muscle of Andalusian, Thoroughbred and Arabian Horses*. Journal of equine veterinary science, vol. 9, ss.337-340.
- Riviero, L. J-L. and Barrey, E. (2001a). *Heritabilities and genetic and phenotypic parameters for gluteus medius muscle fibre type composition, fibre size and capillaries in purebred Spanish horses*. Livestock Production Science, vol. 72, ss. 233-241.
- Riviero, L. J-L., Piercy R. J. (2008) Muscle physiology: responses to exercise and training. I: Hinchcliff, K. W., Geor, R. J., Kaneps, A. J. (red), *Equine exercise physiology : the science of exercise in the athletic horse*. Philadelphia: Saunders Elsevier, ss. 30-47.
- Riviero, L. J-L., Serrano, A. L., Quiros - Rothe, E., Aguilera – Tejero, E., (2001b) *Coordinated changes of kinematics and muscle fiber properties with prolonged endurance training*. Equine Vet. J., Suppl. Vol. 33, ss.104-108.
- Riviero, L. J-L., Serrano, A. L., Barrey, E., Valette, J. P., Jouglin, M., (1999) *Analysis of myosin heavy chains at the protein level in horse skeletal muscle*. Journal of Muscle Research and Cell Motility., Vol. 20, ss. 211-221.
- Ronéus, M. & Lindholm, A., (1991) *Muscle characteristics in Thoroughbreds of different ages and sexes*. Equine Vet. J., Vol. 23, ss. 207-210.
- Serrano, A. L., Quiroz-Rothe, E., Riviero, L. J-L., (2000) *Early and long-term changes of equine skeletal muscle in response to endurance training and detraining*. Pflügers Arch – Eur J Physiol, vol. 441, ss.263-274.
- Sjaastad ØV, Sand O & Hove K. 2010. *Physiology of Domestic Animals*. 2<sup>nd</sup> edition. Oslo: Scandinavian Veterinary Press. 804 pp.
- Svenska Ridsport Förbundet (2013-03-06) *Så går det till*. Tillgänglig:  
<http://www3.ridsport.se/Tavling/Distansritt/Sa-gar-det-till/> [2015-12-14]
- United States Dressage Federation (USDF) (2015-07-26). *History of Dressage*. Tillgänglig:  
<http://www.usdf.org/about/about-dressage/history.asp> [2015-07-26]
- Waller, A. P., Lindinger, M.I. (2010) *Nutritional aspects of post exercise skeletal muscle glycogen synthesis in horses: A comparative review*. Equine vet. J., vol. 42, ss.274-281.
- Zachrisson, B. Ohlsson, S. (2014). Galoppsport. I: *Nationalencyklopedin*. Tillgänglig:  
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/galoppsport> [2014-04-14]



I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15, 30, 45 eller 60 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionens examensarbeten finns publicerade på SLUs hemsida [www.slu.se](http://www.slu.se).

In this series Degree projects (corresponding 15, 30, 45 or 60 credits) at the Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, are published. The department's degree projects are published on the SLU website [www.slu.se](http://www.slu.se).

Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för veterinärmedicin och  
husdjursvetenskap  
Institutionen för husdjurens utfodring och vård  
Box 7024  
750 07 Uppsala  
Tel. 018/67 10 00  
Hemsida: [www.slu.se/husdjur-utfodring-varld](http://www.slu.se/husdjur-utfodring-varld)

*Swedish University of Agricultural Sciences  
Faculty of Veterinary Medicine and Animal  
Science  
Department of Animal Nutrition and Management  
PO Box 7024  
SE-750 07 Uppsala  
Phone +46 (0) 18 67 10 00  
Homepage: [www.slu.se/animal-nutrition-management](http://www.slu.se/animal-nutrition-management)*